

0418026-SNY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-135589

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H04N 1/407

G06T 5/00

H04N 5/202

H04N 5/243

(21)Application number : 2000-328162

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 27.10.2000

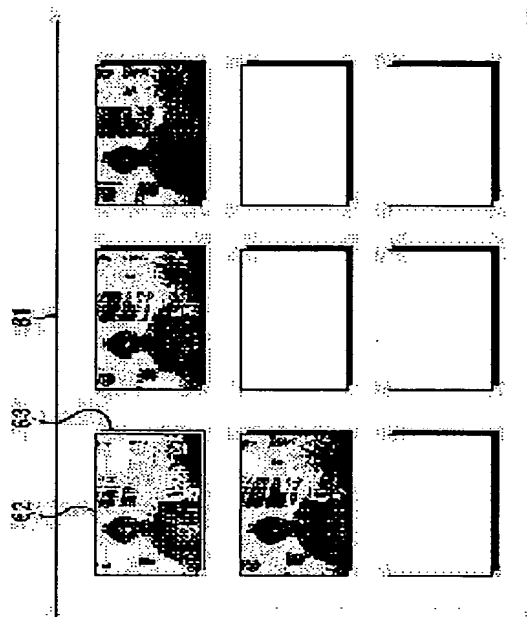
(72)Inventor : MITSUNAGA TOMOO

(54) IMAGE PROCESSING APPARATUS AND METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing apparatus that can optimize luminance at an optional position in a picture in converting a picture with a wide dynamic range into a picture with a narrow dynamic range.

SOLUTION: Figure shows a display example of the pictures with a narrow dynamic range that are simply generated. A user uses a picture selection button panel to select a picture the gradation of the object of which is most properly displayed among plural pictures displayed in a picture display area 61.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-135589

(P2002-135589A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002.5.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)	
H 0 4 N 1/407		G 0 6 T 5/00	1 0 0	5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/00	1 0 0	H 0 4 N 5/202		5 C 0 2 1
H 0 4 N 5/202		5/243		5 C 0 2 2
5/243		1/40	1 0 1 E	5 C 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-328162(P2000-328162)

(22) 出願日 平成12年10月27日 (2000.10.27)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 光永 知生

東京都品川区東五反田 1 丁目14番10号 株

式会社ソニー木原研究所内

(74) 代理人 100082131

弁理士 稲本 義雄

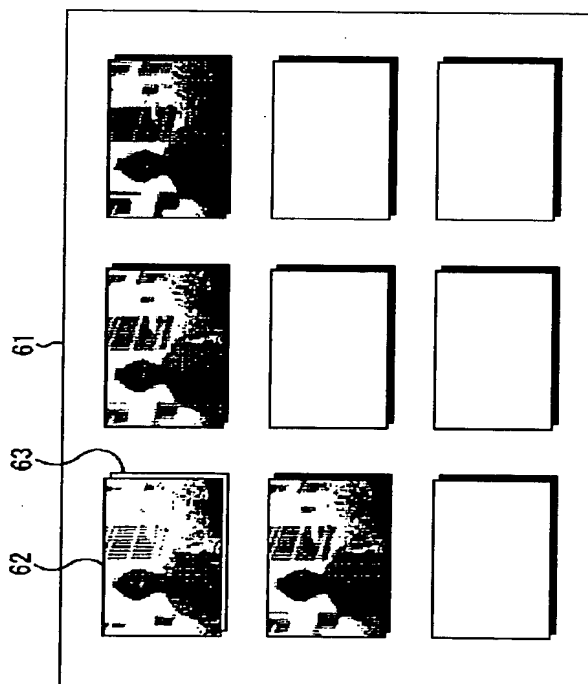
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法、並びに記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 広ダイナミックレンジ画像を狭ダイナミックレンジ画像に変換する際、画像中の任意の位置の輝度を最適化する。

【解決手段】 簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像の表示例を示す。ユーザは、画像表示領域 6 1 に表示された複数の画像のうち、画像の中の被写体の階調が最も適切に表示されている画像を、画像選択ボタンパネルを用いて選択するようにする。



BEST AVAILABLE COPY

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 輝度値に関して、第1のダイナミックレンジを有する第1の画像信号を、第2のダイナミックレンジを有する第2の画像信号に変換する画像処理装置において、ユーザの操作に基づき、前記第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する前記第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定手段と、前記輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成手段と、前記マッピング関数生成手段が生成した前記マッピング関数を用いて前記第1の画像信号を前記第2の画像信号に変換する変換手段とを含むことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記設定手段は、前記第1の画像信号を用いて前記第2のダイナミックレンジを有する複数の第3の画像信号を作成する作成手段と、前記作成手段が作成した前記第2のダイナミックレンジを有する複数の前記第3の画像信号の表示を制御する表示制御手段と、前記第2のダイナミックレンジを有する複数の前記第3の画像信号のうちの1つを選択するユーザの選択コマンドを受け付ける受付手段とを含み、前記ユーザが選択した前記第2のダイナミックレンジを有する複数の前記第3の画像信号の中間輝度値を前記第2の輝度値とし、前記第2の輝度値に対応する前記第1の輝度値を算出して前記輝度対を設定することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記設定手段は、前記第1の画像信号を用いて前記第2のダイナミックレンジを有する第3画像信号を作成する作成手段と、前記作成手段が作成した前記第3の画像信号の表示を制御する表示制御手段と、前記第3の画像信号の表示に対して領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付ける受付手段とを含み、前記第3の画像信号の中間輝度値を前記第2の輝度値とし、前記ユーザによって指定された領域に対応する前記第1の画像信号の輝度の最頻値を前記第1の輝度値として前記輝度対を設定することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記受付手段は、前記第3の画像信号の表示に対して任意の形状の領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けることを特徴とする請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記受付手段は、前記第3の画像信号の表示に対して、予め設定された複数の領域ガイドのうちの1つを選択することによって領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けることを特徴とする請求項

3に記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記設定手段は、前記第1の画像信号を用いて前記第2のダイナミックレンジを有する第3画像信号を作成する作成手段と、前記作成手段が作成した前記第3の画像信号の表示を制御する表示制御手段と、前記第3の画像信号の表示に対して領域を指定するユーザの領域指定コマンドと、指定された前記領域に属する前記第3の画像信号の補正を指示するユーザの補正コマンドを受け付ける受付手段と、前記補正コマンドに対応して、前記ユーザによって指定された前記領域に属する前記第3の画像信号を補正する補正手段とを含み、前記ユーザによって指定された前記領域に属する補正された前記第3の画像信号の輝度の最頻値を前記第2の輝度値とし、前記ユーザによって指定された領域に対応する前記第1の画像信号の輝度の最頻値を前記第1の輝度値として前記輝度対を設定することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記受付手段は、前記第3の画像信号の表示に対して任意の形状の領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けることを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記受付手段は、前記第3の画像信号の表示に対して、予め設定された複数の領域ガイドのうちの1つを選択することによって領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けることを特徴とする請求項6に記載の画像処理装置。

【請求項9】 被写体を撮像して得られた画像信号を、前記第1のダイナミックレンジを有する前記第1の画像信号に変換する撮像手段をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記撮像手段のファインダには、前記領域ガイドが重畳表示されることを特徴とする請求項9に記載の画像処理装置。

【請求項11】 輝度値に関して、第1のダイナミックレンジを有する第1の画像信号を、第2のダイナミックレンジを有する第2の画像信号に変換する画像処理装置の画像処理方法において、

ユーザの操作に基づき、前記第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する前記第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定ステップと、前記輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成ステップと、前記マッピング関数生成ステップの処理で生成された前記マッピング関数を用いて前記第1の画像信号を前記第2の画像信号に変換する変換ステップとを含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項12】 輝度値に関して、第1のダイナミック

レンジを有する第1の画像信号を、第2のダイナミックレンジを有する第2の画像信号に変換する画像処理用のプログラムであって、ユーザの操作に基づき、前記第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する前記第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定ステップと、前記輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成ステップと、前記マッピング関数生成ステップの処理で生成された前記マッピング関数を用いて前記第1の画像信号を前記第2の画像信号に変換する変換ステップとを含むことを特徴とするコンピュータが読み取り可能なプログラムが記録されている記録媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関し、例えば、画像信号の輝度のダイナミックレンジを変更する場合に用いて好適な画像処理装置および方法、並びに記録媒体に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】CCD(Charge Coupled Device)イメージセンサやCMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)イメージセンサのような固体撮像素子が、ビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の撮像装置、FA(Factory Automation)の分野における部品検査装置、およびME(Medical Electronics)の分野における電子内視鏡等の光計測装置に幅広く利用されている。

【0003】近年、それらの固体撮像素子を用いて、光学フィルム写真に匹敵するダイナミックレンジを有する画像信号を得ることができる技術が数多く開発されている。

【0004】一方、撮像された動画画像や静止画像を表示するCRT(Cathode Ray tube)のような表示装置、印刷するプリンタ、投影するプロジェクタ等の従来機器は、現在において、それらが表現し得る輝度階調に制限がある。すなわち、表現可能な画像のダイナミックレンジが狭い。よって、光学フィルム写真に匹敵するダイナミックレンジを有する画像の画像信号(以下、広ダイナミックレンジ画像と記述する)を取得することができたとしても、それを表現(表示や印刷等)することができない問題がある。

【0005】したがって、広ダイナミックレンジ画像の輝度階調を圧縮してダイナミックレンジを狭め、表示装置等の従来機器が表現可能な画像(以下、狭ダイナミックレンジ画像と記述する)に変換するダイナミックレンジ圧縮処理技術が必要とされている。

【0006】以下、従来において提案された4つのダイナミックレンジ圧縮技術について説明する。

【0007】第1の技術として、画像信号の輝度のゲイ

ンとオフセットを調節することによって輝度をスケールリングする方法が挙げられる。この第1の技術は、極めて簡易であって、簡単に適用することができる。しかしながら、輝度階調を圧縮しないので、表示装置等のダイナミックレンジを越える輝度の値は全てクリッピングされてしまい、元の広ダイナミックレンジ画像が有する情報を活かしきることができない。

【0008】第2の技術として、本来、表示装置等のガンマ特性を補正するために実行されるガンマ補正処理を流用してダイナミックレンジを圧縮する技術が挙げられる。ガンマ補正処理に用いられるガンマ補正曲線はべき乗の関数であるので、ガンマ値である指数を変更することによって、簡単に補正特性を調節することができる。しかしながら、ダイナミックレンジ圧縮に流用すること起因して、本来のガンマ補正処理に影響を及ぼしてしまい、色バランスが崩れたり、コントラストの劣化が発生することがある。

【0009】第3の技術として、画像の累積ヒストグラム曲線を階調補正曲線に用いるヒストグラム等化手法が挙げられる。ヒストグラム等化手法では、輝度分布(ヒストグラム)に対応して、画像中のより広い面積を占める輝度に対し、より多くの階調を与えるように階調変換が施される。したがって、画像全体としてはコントラストを強調する方向に作用し、狭いダイナミックレンジであっても細部が明確化された視認性が高い画像を得ることができる。しかしながら、階調変換の結果得られる画像は、元の広ダイナミックレンジ画像の輝度分布に大きく左右されるので、所望の画像が得られない場合がある。

【0010】第4の技術として、局所オペレータを用いて細部を強調する技術が挙げられる。第4の技術では、画像が局所オペレータによって空間周波数帯域毎に分離され、分離された空間周波数帯域のそれぞれに対し、ゲインが調節された後、それらが再び統合される。ゲインを調整する際、低周波数帯域を減衰させことによって、階調を圧縮することができ、高周波数帯域の減衰量を少なくすることによって、細部のコントラストが損なわれないようにすることができる。

【0011】よって、階調が少ない表示装置等の従来機器であっても、細部の視認性が高い画像を表現することができる。しかしながら、各帯域のバランスが変更された結果、画像内のエッジ部分等の高コントラスト領域に階調の反転が生じてしまい、その部分が場合によって非常に目障りなアーチファクト(artifact)として認知されてしまうことがある。

##### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来のダイナミックレンジ圧縮技術では、得られる狭ダイナミックレンジ画像がユーザの意図を反映した結果とはならないことがある。具体的には、広ダイナミックレ

レンジ画像を狭ダイナミックレンジ画像に変換する際、例えば画像中の被写体が占める領域を最適な輝度で表現させようとしても、その実行が困難である課題があった。

【0013】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、広ダイナミックレンジ画像を狭ダイナミックレンジ画像に変換する際、画像中の任意の領域の輝度を最適化できるようにすることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理装置は、ユーザの操作に基づき、第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定手段と、輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成手段と、マッピング関数生成手段が生成したマッピング関数を用いて第1の画像信号を第2の画像信号に変換する変換手段とを含むことを特徴とする。

【0015】前記設定手段には、第1の画像信号を用いて第2のダイナミックレンジを有する複数の第3の画像信号を作成する作成手段と、作成手段が作成した第2のダイナミックレンジを有する複数の第3の画像信号の表示を制御する表示制御手段と、第2のダイナミックレンジを有する複数の第3の画像信号のうちの1つを選択するユーザの選択コマンドを受け付ける受付手段とを含ませることができ、ユーザが選択した第2のダイナミックレンジを有する複数の第3の画像信号の中間輝度値を第2の輝度値とさせ、第2の輝度値に対応する第1の輝度値を算出して前記輝度対を設定させるようにすることができる。

【0016】前記設定手段には、第1の画像信号を用いて第2のダイナミックレンジを有する第3画像信号を作成する作成手段と、作成手段が作成した第3の画像信号の表示を制御する表示制御手段と、第3の画像信号の表示に対して領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付ける受付手段とを含ませることができ、第3の画像信号の中間輝度値を第2の輝度値とさせ、ユーザによって指定された領域に対応する第1の画像信号の輝度の最頻値を第1の輝度値として輝度対を設定させるようにすることができる。

【0017】前記受付手段には、第3の画像信号の表示に対して任意の形状の領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けさせるようにすることができる。

【0018】前記受付手段には、第3の画像信号の表示に対して、予め設定された複数の領域ガイドのうちの1つを選択することによって領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けさせるようにすることができる。

【0019】前記設定手段には、第1の画像信号を用いて第2のダイナミックレンジを有する第3画像信号を作成する作成手段と、作成手段が作成した第3の画像信号

の表示を制御する表示制御手段と、第3の画像信号の表示に対して領域を指定するユーザの領域指定コマンドと、指定された領域に属する第3の画像信号の補正を指示するユーザの補正コマンドを受け付ける受付手段と、補正コマンドに対応して、ユーザによって指定された領域に属する第3の画像信号を補正する補正手段とを含ませることができ、ユーザによって指定された領域に属する補正された第3の画像信号の輝度の最頻値を第2の輝度値とさせ、ユーザによって指定された領域に対応する第1の画像信号の輝度の最頻値を第1の輝度値として輝度対を設定させるようにすることができる。

【0020】前記受付手段には、第3の画像信号の表示に対して任意の形状の領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けさせるようにすることができる。

【0021】前記受付手段には、第3の画像信号の表示に対して、予め設定された複数の領域ガイドのうちの1つを選択することによって領域を指定するユーザの領域指定コマンドを受け付けさせるようにすることができる。

【0022】本発明の画像処理装置は、被写体を撮像して得られた画像信号を、第1のダイナミックレンジを有する第1の画像信号に変換する撮像手段をさらに含むことができる。

【0023】前記撮像手段のファインダには、領域ガイドが重畳表示されるようにすることができる。

【0024】本発明の画像処理方法は、ユーザの操作に基づき、第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定ステップと、輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成ステップと、マッピング関数生成ステップの処理で生成されたマッピング関数を用いて第1の画像信号を第2の画像信号に変換する変換ステップとを含むことを特徴とする。

【0025】本発明の記録媒体のプログラムは、ユーザの操作に基づき、第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対を設定する設定ステップと、輝度対に基づいて、マッピング関数を生成するマッピング関数生成ステップと、マッピング関数生成ステップの処理で生成されたマッピング関数を用いて第1の画像信号を第2の画像信号に変換する変換ステップとを含むことを特徴とする。

【0026】本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体のプログラムにおいては、ユーザの操作に基づき、第1のダイナミックレンジにおける第1の輝度値と、それに対応する第2のダイナミックレンジにおける第2の輝度値からなる輝度対が設定され、輝度対に基づいて、マッピング関数が生成され、生成されたマッピング関数が用いられて第1の画像信号が第2の画像信号に

変換される。

【0027】

【発明の実施の形態】図1は、本発明を適用した画像処理システムの構成例を示している。この画像処理システムは、被写体を広ダイナミックレンジ画像信号として撮像するデジタルカメラ等よりなる撮像装置1、および、撮像装置1から供給される広ダイナミックレンジ画像信号を狭ダイナミックレンジ画像信号に変換するパーソナルコンピュータ等よりなる画像処理装置2から構成される。

【0028】画像処理装置2は、画像信号を処理する画像処理部11、ユーザからの操作コマンド等を受け付け、その操作コマンドの情報を画像処理部11に通知する操作入力部12、および、操作入力部12に対応するGUI(Graphical User Interface)や画像処理部11の処理結果を表示する表示部13から構成される。画像処理装置2の画像処理部11は、処理結果である狭ダイナミックレンジ画像信号を、適宜、画像処理装置2の外部に出力する。

【0029】図2は、撮像装置1の構成例を示している。撮像装置1は、被写体の光画像を集光するレンズ21、透過する光量を調整する絞り22、レンズ21および絞り22を介して入力される光画像を電気信号に変換するCCDイメージセンサ23、相関2重サンプリング回路、ガンマ補正回路および二乗特性回路等を含む前置増幅器24、前置増幅器24から入力される電気信号を広ダイナミックレンジ画像信号にエンコードするビデオエンコーダ25、並びに広ダイナミックレンジ画像信号を画像処理装置2に出力する出力部26から構成される。

【0030】撮像装置1の構成要素であるCCDイメージセンサ23および前置増幅器24について説明する。図3は、CCDイメージセンサ23の構成例を示している。CCDイメージセンサ23は、インタレーススキャンを行うインタライン型CCDと同様の構成をなしている。すなわち、入射した光量に応じた電荷を蓄積するフォトダイオード(PD)31が2次元に配列されており、フォトダイオード31の各縦列間に垂直レジスタ(Vレジスタ)32が設けられ、垂直レジスタ32の終端(図3において下端)には、水平レジスタ(Hレジスタ)33が設けられている。

【0031】なお、偶数フィールド構成する第2i(i=0, 1, 2, ...)ラインには、高感度のフォトダイオード31Hが用いられ、奇数フィールド構成する第2i+1ラインには、低感度のフォトダイオード31Lが用いられている。

【0032】フォトダイオード31H、31Lの感度特性について、図4を参照して説明する。図4において、横軸E<sub>i</sub>はフォトダイオード31H、31Lに入力される光の強度を示しており、縦軸E<sub>o</sub>はフォトダイオード31H、31Lに蓄積される電荷量を示している。

【0033】低感度のフォトダイオード31Lは、図4の直線Aに示す感度特性を有する。すなわち、入力される光の強度の全域に亘り、入射光の強度に比例した電荷を蓄積する。高感度のフォトダイオード31Hは、図4の直線Bに示す感度特性を有する。すなわち、強度が弱い光に対応し、その入射光の強度に比例して、低感度のフォトダイオード31Lよりも多くの電荷を蓄積する。

【0034】図3に戻る。フォトダイオード31H、31Lに蓄積された電荷は、所定のタイミング毎に対応する垂直レジスタ32に読み出された後、水平レジスタ33に転送される。水平レジスタ33は、1水平ライン分の垂直レジスタ32から転送された電荷を順次出力する。

【0035】フォトダイオード31H、31Lに蓄積された電荷を読み出すタイミングについて説明する。CCDイメージセンサ23は、インタレーススキャンを行うが、電荷読み出しの際、1画素に対応する電荷として、上下に隣接するフォトダイオード31H、31Lの電荷を読み出して加算するようになされている。

【0036】例えば、偶数フィールドの第2iラインの電荷としては、第2iラインのフォトダイオード31Hに蓄積された電荷と、第2i+1ラインのフォトダイオード31Lに蓄積された電荷が読み出されて加算される。奇数フィールドの第2i+1ラインの電荷としては、第2i+1ラインのフォトダイオード31Lに蓄積された電荷と、第2(i+1)ラインのフォトダイオード31Hに蓄積された電荷が読み出されて加算される。

【0037】したがって、CCDイメージセンサ23は、各画素に対応する電気信号として、低感度のフォトダイオード31Lに蓄積された電荷と高感度のフォトダイオード31Hに蓄積された電荷の和を出力するようになされている。よって、CCDイメージセンサ23は、図4の直線A(フォトダイオード31Lに対応する)と直線B(フォトダイオード31Hに対応する)を加算した線Cに示す感度特性を有することになる。すなわち、CCDイメージセンサ23は、光の強度が弱い領域において高感度のフォトダイオード31Hが電荷を蓄積し、光の強度が強い領域においては低感度のフォトダイオード31Lが電荷を蓄積するので、ノイズと飽和の少ない広ダイナミックレンジの電気信号を得ることができる。

【0038】前置増幅器24は、図5に示す関数(図4の曲線Cの逆関数)を、CCDイメージセンサ23から出力された広ダイナミックレンジの電気信号E<sub>o</sub>に適用して元の光信号の強度の推定値E<sub>i</sub>'を得る。

【0039】次に、図6は、画像処理用のアプリケーションプログラムを実行することにより、画像処理装置2として動作するパーソナルコンピュータの構成例を示している。このパーソナルコンピュータは、CPU(Central Processing Unit)41を内蔵している。CPU41にはバス44を介して、入出力インタフェース45が接続されて

いる。

【0040】入出力インタフェース45には、操作入力部12に相当するキーボード、マウスなどの入力デバイスよりなる入力部46、GUIや処理結果としての画像信号を表示部13に出力する表示制御部47、撮像装置1から入力される広ダイナミックレンジ画像信号をデコードするビデオデコーダ48、各画素の輝度に相当する電圧を量子化してデジタル画像信号に変換するA/Dコンバータ49、ハードディスクやフレームメモリなどよりなり、画像処理用のプログラムやデジタル画像信号等を格納する記憶部50、並びに、磁気ディスク52

(フロッピディスクを含む)、光ディスク53 (CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc)を含む)、光磁気ディスク54 (MD (Mini Disc)を含む)、および半導体メモリ55などの記録媒体に対してデータを読み書きするドライブ51が接続されている。

【0041】バス44には、入出力インタフェース45の他、ROM (Read Only Memory) 42およびRAM (Random Access Memory) 43が接続されている。

【0042】このパーソナルコンピュータに画像処理装置2としての動作を実行させる画像処理用プログラムは、磁気ディスク52乃至半導体メモリ55に格納された状態でパーソナルコンピュータに供給され、ドライブ51によって読み出されて、記憶部50に内蔵されるハードディスクドライブにインストールされている。記憶部50にインストールされている画像処理用プログラムは、入力部46に入力されるユーザからのコマンドに対応するCPU41の指令によって、記憶部50からRAM43にロードされて実行される。

【0043】次に、当該画像処理システムの動作について、図7のフローチャートを参照して説明する。ステップS1において、撮像装置1は、被写体の光画像を撮像し、得られた広ダイナミックレンジ画像信号を画像処理装置2に出力する。

【0044】ステップS2において、画像処理装置2の画像処理部11は、ユーザの選択操作に対応して最適露出情報を設定する。最適露出情報を設定する第1の動作例について、図8のフローチャートを参照して説明する。

【0045】ステップS11において、画像処理装置2の画像処理部11は、撮像装置1から入力された広ダイナミックレンジ画像信号から、所定の数の狭ダイナミックレンジ画像信号を簡易生成する。狭ダイナミックレンジ画像信号を簡易生成する処理について、図9のフローチャートを参照して説明する。以下、処理される画像信号は輝度信号であるとする。

【0046】ステップS21において、画像処理部11は、撮像装置1から入力されて記憶されている広ダイナミックレンジ画像の各画素の画像信号 $Y(x, y)$ と、予め

用意されている複数の露出比率 $r$ のうちの1つを、記憶部50から読み出す。ここで、 $x$ 、 $y$ は、それぞれ、画像の縦または横の座標値である。

【0047】ステップS22において、画像処理部11は、全ての画素の画像信号 $Y(x, y)$ に露出比率 $r$ を乗算して変換画像信号 $Y_n(x, y)$ を生成する。ステップS23において、画像処理部11は、変換画像信号 $Y_n(x, y)$ を、所定の閾値 $Y_{nmax}$ 、 $Y_{nmin}$ と比較して、閾値 $Y_{nmax}$ よりも大きい変換画像信号 $Y_n(x, y)$ を、閾値 $Y_{nmax}$ を用いて置換し、閾値 $Y_{nmin}$ よりも小さい変換画像信号 $Y_n(x, y)$ を、閾値 $Y_{nmin}$ を用いて置換する。このようにして生成された変換画像信号 $Y_n(x, y)$ が、簡易生成した狭ダイナミックレンジ画像信号とされる。

【0048】以上説明したステップS21乃至S23の処理は、予め用意されている露出比率 $r$ の種類の数と同じ数だけ繰り返して実行される。

【0049】処理は、図8のステップS12に戻る。ステップS12において、画像処理部11は、ステップS11の処理で簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像信号を表示部13に表示させ、また、表示させた複数の狭ダイナミックレンジ画像のうちの1つをユーザに選択させるためのGUIを表示部13に表示させる。

【0050】図10は、簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像を表示する表示部13の表示例を示している。この表示例では、表示部13の画像表示領域61に、9 (= 3 × 3) 枚の簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像62が表示可能とされており、4枚の簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像62が表示されている。表示された狭ダイナミックレンジ画像62の周囲には、枠63が設けられている。

【0051】図11は、表示部13に表示された複数の簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像62を、ユーザが選択する際に操作するGUIの表示例を示している。GUIとしての画像選択ボタンパネル71には、現在指定されている画像の左側の画像を指定するときクリックされる左移動ボタン72、現在指定されている画像の右側の画像を指定するときクリックされる右移動ボタン73、および、指定されている画像を選択するときクリックされるセレクトボタン74が設けられている。

【0052】表示部13の画像表示領域61に表示された枠63は、対応する画像がユーザによって指定されている場合、それをユーザが認識できるように、例えば、ハイライト表示される。図10の表示例の場合、3 × 3の画像のうちの左上の画像が指定されており、その枠63がハイライト表示されている。

【0053】ユーザは、表示部13の画像表示領域61に表示された複数の画像のうち、画像中の被写体の階調が最も適切に表示されている画像を、画像選択ボタンパネル71を用いて選択するようにする。

【0054】図8に戻り、ステップS13において、画像処理部11は、表示部13の画像表示領域61に表示されている簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像のうちの1つをユーザが選択するまで待機し、簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像のうちの1つをユーザが選択したと判定した場合、処理はステップS14に進む。ステップS14において、画像処理部11は、ユーザが選択した画像に対応する露出比率 $r$ を最適露出情報として設定する。処理は、図7のステップS3にリターンする。

【0055】ステップS3において、画像処理部11は、ステップS2で設定した最適露出情報に従い、撮像装置1から入力された広ダイナミックレンジ画像信号を狭ダイナミックレンジ画像信号に変換して表示部13に出力する。

【0056】最適露出情報に従って広ダイナミックレンジ画像信号を狭ダイナミックレンジ画像信号に変換する処理の詳細について説明する。

【0057】図12は、当該処理に関わる画像処理部11の第1の構成例を示している。輝度対検出部81は、広ダイナミックレンジ画像信号および最適露出情報に基づき、注目輝度・最適注目輝度対 $(M, M_m)$ を検出してマッピング関数生成部82に出力する。マッピング関数生成部82は、広ダイナミックレンジ画像信号および輝度対検出部81からの注目輝度・最適注目輝度対

$$\text{中間輝度 } Y_{nm} = (Y_{ns} + Y_{nn}) / 2 \quad \dots (1)$$

【0060】ステップS32において、輝度対検出部81は、図8のステップS14で設定された最適露出情報（露出比率 $r$ ）を取得する。ステップS33において、輝度対検出部81は、狭ダイナミックレンジ画像の中間

$$\text{注目輝度 } M = r \cdot Y_s (Y_{nm} / Y_{ns}) \quad \dots (2)$$

【0061】ステップS34において、輝度対検出部81は、狭ダイナミックレンジ画像の中間輝度 $Y_{nm}$ を最適注目輝度 $M_m$ に設定する。ステップS35において、輝度対検出部81は、注目輝度・最適注目輝度対 $(M, M_m)$ をマッピング関数生成部82に出力する。

【0062】次に、図15は、マッピング関数生成部82の詳細な構成例を示している。マッピング関数生成部82は、広ダイナミックレンジ画像の最大輝度 $H$ と最小輝度 $L$ を取得する最大・最小輝度取得部91、最大・最小輝度取得部91からの広ダイナミックレンジ画像の最大輝度 $H$ と最小輝度 $L$ 、および輝度対検出部81からの注目輝度・最適注目輝度対 $(M, M_m)$ に基づき、高域対数関数を生成する高域関数決定部92、最大・最小輝度取得部91からの広ダイナミックレンジ画像の最大輝度 $H$ と最小輝度 $L$ 、および輝度対検出部81からの注目輝度・最適注目輝度対 $(M, M_m)$ に基づき、低域対数関数を生成する低域関数決定部93、および、高域関数決定部92が生成する高域対数関数と、低域関数決定部93が生成する低域対数関数を合成してマッピング関数

$(M, M_m)$ に基づき、マッピング関数を生成してマッピング部83に出力する。マッピング部83は、広ダイナミックレンジ画像信号を、マッピング関数生成部82からのマッピング関数に適用して狭ダイナミックレンジ画像信号を生成する。

【0058】輝度対検出部81の注目輝度・最適注目輝度対 $(M, M_m)$ を検出する処理について、図13のフローチャートおよび図14を参照して説明する。図14は、広ダイナミックレンジ画像の輝度のダイナミックレンジと、簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像の輝度のダイナミックレンジの関係を説明するための図であり、同図の横軸は、入力される広ダイナミックレンジ画像の輝度 $Y$ の対数値 $\log Y$ を示し、縦軸は簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像の輝度 $Y_n$ の対数値 $\log Y_n$ を示している。

【0059】ステップS31において、輝度対検出部81は、予め設定されている広ダイナミックレンジ画像の飽和輝度 $Y_s$ 、狭ダイナミックレンジ画像の飽和輝度 $Y_{ns}$ 、および狭ダイナミックレンジ画像の中間輝度 $Y_{nm}$ を記憶部50から取得する。ここで、狭ダイナミックレンジ画像の中間輝度 $Y_{nm}$ は、例えば、例えば次式

(1)に示すように、所定の狭ダイナミックレンジ画像の飽和輝度 $Y_{ns}$ とノイズレベル輝度 $Y_{nn}$ を用いて予め演算されているものとする。

輝度 $Y_{nm}$ に対応する広ダイナミックレンジ画像の輝度を次式(2)を用いて演算する。この輝度を注目輝度 $M$ に設定する。

を生成する関数合成部94から構成される。

【0063】マッピング関数生成部82がマッピング関数を生成する処理について、図16のフローチャートを参照して説明する。

【0064】ステップS41において、最大・最小輝度取得部91は、図17に示すような広ダイナミックレンジ画像の輝度信号 $Y$ のヒストグラムを生成する。ステップS42において、最大・最小輝度取得部91は、輝度信号 $Y$ に含まれるノイズを考慮して、頻度を有する輝度の最大値よりも所定の割合（例えば、1%）だけ小さい値を最大輝度 $H$ に決定し、頻度を有する輝度の最小値よりも所定の割合（例えば、1%）だけ大きい値を輝度の最小輝度 $L$ に決定し、最大輝度 $H$ および最小輝度 $L$ を高域関数決定部92、低域関数決定部93、および関数合成部94に出力する。

【0065】ステップS43において、関数合成部94は、図18に示す2点 $(\log L, L_m)$ 、 $(\log H, H_m)$ を通る直線 $A$ に相当する対数関数 $Y_m(Y)$ を生成する。



$$Y_m(Y) = \alpha \log Y + \beta$$

【数1】

$$\alpha = \frac{H_m - L_m}{\log H - \log L}$$

$$\beta = H_m - \frac{(H_m - L_m) \log H}{\log H - \log L}$$

【0066】なお、図18は、広ダイナミックレンジ画像の輝度のダイナミックレンジと、変換後の狭ダイナミックレンジ画像の輝度のダイナミックレンジの関係を説明するための図であり、同図の横軸は、入力される広ダイ

$$Y_m H(Y) = \alpha H \log Y + \beta H$$

【数2】

$$\alpha_H = \frac{H_m - M_m}{\log H - \log M}$$

$$\beta_H = H_m - \frac{(H_m - M_m) \log H}{\log H - \log M}$$

$$Y_m L(Y) = \alpha L \log Y + \beta L$$

【数3】

$$\alpha_L = \frac{M_m - L_m}{\log M - \log L}$$

$$\beta_L = M_m - \frac{(M_m - L_m) \log M}{\log M - \log L}$$

【0069】なお、ステップS43、S44、S45の処理の順序は、適宜入れ替えてもよいし、平行して同時に実行するようにしてもよい。

【0070】ステップS46において、関数合成部94は、図18の直線Aに相当する対数関数 $Y_m(Y)$ の $Y$ に注目輝度 $M$ を代入し、得られた $Y_m(M)$ と最適注目輝度 $M_m$ を比較して、その比較結果に基づき、注目輝度・最適注目輝度対に対応する点 $(\log M, M_m)$ が、直線Aよりも上に位置するか、直線Aよりも下に位置するか、または直線Aに一致するかを判定する。

【0071】比較結果が、 $M_m$ が $Y_m(M)$ よりも大きい場合には、図18に示すように、注目輝度・最適注目輝度対に対応する点 $(\log M, M_m)$ は直線Aよりも上に位置すると判定されて、処理はステップS47に進む。ステップS47において、関数合成部94は、図19に示すような上に凸のマッピング関数となるように、図19の横軸上のパラメータ $C_L$ 、 $C_H$ を次式(6)の

$$C_L = L$$

$$C_H = H$$

【0074】ステップS46での比較結果が、 $M_m$ が $Y_m(M)$ よりも小さい場合には、図20に示すように、注目輝度・最適注目輝度対に対応する点 $(\log M, M_m)$ は直線Aよりも下に位置すると判定されて、処理はステップS49に進む。ステップS49において、関数合成部94は、図21に示すような下に凸のマッピング

... (3)

イナミックレンジ画像の輝度 $Y$ の対数値 $\log Y$ を示し、縦軸は変換後の狭ダイナミックレンジ画像の輝度 $Y_m$ を示している。図19乃至図21も同様である。また、 $H_m$ 、 $L_m$ は、それぞれ狭ダイナミックレンジの最大輝度または最小輝度を表しており、予め設定されている値である。

【0067】ステップS44において、高域関数決定部92は、図18に示す2点 $(\log M, M_m)$ 、 $(\log H, H_m)$ を通る直線Cに相当する高域対数関数 $Y_m H(Y)$ を生成して関数合成部94に出力する。

... (4)

【0068】ステップS45において、低域関数決定部93は、図18に示す2点 $(\log L, L_m)$ 、 $(\log M, M_m)$ を通る直線Bに相当する低域対数関数 $Y_m L(Y)$ を生成して関数合成部94に出力する。

... (5)

ように設定する。

【数4】

$$C_L = L$$

$$C_H = 10^{\frac{H_m - \beta_L}{\alpha_L}}$$

... (6)

【0072】ステップS50において、関数合成部94は、高域対数関数 $Y_m H(Y)$ と低域対数関数 $Y_m L(Y)$ を滑らかに連結してマッピング関数を生成する。具体的には、入力輝度 $Y$ 、すなわち、広ダイナミックレンジ画像の輝度 $Y$ を、最小輝度 $L$ よりも小さい領域、最小輝度 $L$ 以上であって $C_L$ よりも小さい領域、 $C_L$ 以上であって $C_H$ よりも小さい領域、 $C_H$ 以上で最大輝度 $H$ よりも小さい領域、または、最大輝度 $H$ 以上である領域に分け、各領域に対応するマッピング関数 $f(Y)$ を生成する(詳細は図22を参照して後述する)。

【0073】ステップS46での比較結果が、 $M_m$ が $Y_m(M)$ と等しい場合、注目輝度・最適注目輝度対に対応する点 $(\log M, M_m)$ は直線Aに一致すると判定されて、処理はステップS48に進む。ステップS48において、関数合成部94は、マッピング関数のパラメータ $C_L$ 、 $C_H$ を次式(7)のように設定する。

... (7)

関数となるようにパラメータ $C_L$ 、 $C_H$ を次式(8)のように設定する。

【数5】

$$C_L = 10^{\frac{L_m - \beta_H}{\alpha_H}}$$

$$C_H = H$$

・・・(8)

【0075】ステップS50における関数合成部94の処理の詳細について、図22のフローチャートを参照して説明する。ステップS61、S63、S65、S72における大小比較判定により、マッピング関数 $f(Y)$ の変数である入力輝度 $Y$ が5つの領域のうちのいずれか

$$f(Y) = L_m$$

【0077】ステップS61、S63の処理を経て、最小輝度 $L$ 以上であって $CL$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS64において、次

$$f(Y) = Y_{mL}(Y) = \alpha_L \log Y + \beta_L \quad L \leq Y < CL \quad \cdots (10)$$

【0078】ステップS61、S63、S65の処理を経て、 $CL$ 以上であって $CH$ よりも小さい領域に分類された場合、処理はステップS66に進む。

【0079】ステップS66において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きいかが判定される。 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きいと判定された場合、処理はステップS67に進む。ステップS67において、媒介変数 $t$ が次式(11)によって定義される。

【数6】

$$f(Y) = (1-t)^2(\alpha_L \log CL + \beta_L) + 2t(1-t)(M_m) + t^2(\alpha_H \log CH + \beta_H)$$

$$CL \leq Y < CH \quad \cdots (12)$$

【0081】ステップS66において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きくないと判定された場合、処理はステップS69に進む。ステップS69において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さいかが判定される。 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さいと判定された場合、処理はステップS70に進む。ステップS70において、媒介変数 $t$ が次式(13)によって定義される。

【数8】

$$t = (Y - CL) / 2(M - CL)$$

【0083】ステップS61、S63、S65、S72の処理を経て、 $CH$ 以上であって最大輝度 $H$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS

$$f(Y) = Y_{mH}(Y) = \alpha_H \log Y + \beta_H \quad CH \leq Y < H \quad \cdots (15)$$

【0084】ステップS61、S63、S65、S72の処理を経て、最大輝度 $H$ 以上である領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS74において、次式

$$f(Y) = L_m$$

【0085】以上説明したように、マッピング関数生成部82の一連の処理によって、マッピング関数 $f(Y)$ が生成される。

【0086】次に、生成されたマッピング関数 $f(Y)$ に広ダイナミックレンジ画像信号を適用して狭ダイナミックレンジ画像信号を生成するマッピング部83の処理について、図23のフローチャートを参照して説明する。

【0087】ステップS81において、マッピング部83は、記憶部50から広ダイナミックレンジ画像信号を

に分類される。

【0076】ステップS61の処理を経て、最小輝度 $L$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS62において、次式(9)に示すようにマッピング関数 $f(Y)$ が定義される。

$$Y < L \quad \cdots (9)$$

式(10)に示すように、マッピング関数 $f(Y)$ が低域対数関数 $Y_{mL}(Y)$ によって定義される。

$$t = \frac{-(M - CL) - \sqrt{(M - CL)^2 - (CL - 2M + CH)(CL - Y)}}{CL - 2M + CH}$$

・・・(11)

【0080】ステップS68において、入力輝度 $Y$ に対し、次式(12)に示すように、マッピング関数 $f(Y)$ が定義される。

【数7】

$$t = \frac{-(M - CL) - \sqrt{(M - CL)^2 - (CL - 2M + CH)(CL - Y)}}{CL - 2M + CH}$$

・・・(13)

【0082】ステップS69において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さくない、すなわち、 $CL - 2M + CH = 0$ であると判定された場合、処理はステップS71に進む。ステップS71において、媒介変数 $t$ が次式(14)によって定義される。

$$\cdots (14)$$

73において、次式(15)に示すように、マッピング関数 $f(Y)$ が高域対数関数 $Y_{mH}(Y)$ によって定義される。

(16)に示すように、マッピング関数 $f(Y)$ が高域対数関数 $Y_{mH}(Y)$ によって定義される。

$$H < Y \quad \cdots (16)$$

取得する。また、マッピング部83は、マッピング関数生成部82からマッピング関数 $f(Y)$ を取得する。

【0088】ステップS82において、マッピング部83は、広ダイナミックレンジ画像の全ての画素の輝度信号 $Y(x, y)$ を、マッピング関数 $f(Y)$ に順次代入して狭ダイナミックレンジ画像信号を生成する。

【0089】以上説明したように画像処理部11の一連の処理によれば、簡易生成された複数の狭ダイナミックレンジの画像がユーザに提示され、そのうちの被写体の階調が最も適切に表示されている画像がユーザによ

て選択されて、選択された画像に基づいて注目輝度・最適注目輝度対 (M, Mm) が導き出される。さらに、注目輝度・最適注目輝度対 (M, Mm) に基づいてマッピング関数  $f(Y)$  が生成されて、広ダイナミックレンジ画像信号がマッピング関数  $f(Y)$  によって狭ダイナミックレンジ画像信号に変換されるので、画像中の被写体が適切な階調で表現される狭ダイナミックレンジの画像を得ることができる。

【0090】なお、上述した説明においては、注目輝度・最適注目輝度対 (M, Mm) を1つだけ決定して、以降の処理を実行するようにしたが、2つ以上の注目輝度・最適注目輝度対を決定してマッピング関数を生成するようにしてもよい。

【0091】次に、画像処理部11が最適露出情報を設定する第2の動作例について、図24および図25を参照して説明する。図8乃至図11を参照して上述した第1の動作例では、簡易生成された複数の狭ダイナミックレンジ画像のうちの1つをユーザに選択させるようにしたが、第2の動作例においては、所定の露出比率  $r$  を適用して簡易生成した狭ダイナミックレンジ画像を1枚だけ表示し、その画像の内で注目すべき範囲（例えば、被写体が表示されている範囲）をユーザに指定させるようにし、その指定された範囲（図24（B）のマスク103）を示す情報を最適露出情報に設定して輝度対検出部81に供給するようにする。

【0092】図24は、簡易生成された1枚の狭ダイナミックレンジ画像を表示する表示部13の表示例を示している。同図（A）に示すように、表示部13の画像表示・指定範囲描画領域101には、簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像102が1枚だけ表示される。画像表示・指定範囲描画領域101に表示された狭ダイナミックレンジ画像102には、同図（B）に示すような、ユーザによって指定された範囲を表すマスク103が重畳して表示される。

【0093】図25は、狭ダイナミックレンジ画像102に重畳して表示されるマスク103をユーザが設定するとき操作するGUIの表示例を示している。GUIとしての範囲指定パネル111には、マスク103の設定を開始するときクリックされるペンボタン112、設定されたマスク103の設定を解除する消しゴムボタン113、および、設定したマスク103を確定する完了ボタン114が設けられている。

【0094】ユーザは、ペンボタン112をクリックした後、マウス等の入力デバイスを用いてマスク103の

$$\text{輝度 } Y = k_r \cdot R + k_g \cdot G + k_b \cdot B$$

【0101】ここで、 $k_r$ 、 $k_g$ 、 $k_b$ は定数であり、例えば、 $k_r = 0.3$ 、 $k_g = 0.6$ 、 $k_b = 0.1$ とする。

【0102】輝度対検出部121は、輝度信号生成部121からの広ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度

範囲を描画し、完了ボタン114をクリックすることにより、描画したマスク103の範囲を確定させる。これに対応して、確定されたマスク103の範囲を示す情報が、最適露出情報として輝度対検出部81に供給される。

【0095】第2の動作例において、輝度対検出部81は、最適注目輝度  $Mm$  として、上述したステップS31（図13）の処理と同様に、予め設定されている狭ダイナミックレンジ画像の中間輝度  $Y_{nm}$  を、記憶部50に記憶されている画像処理用アプリケーションプログラムから取得する。

【0096】一方の注目輝度  $M$  を求めるために輝度対検出部81は、広ダイナミックレンジ画像のうち、マスク103の範囲に含まれる画素の輝度信号を取得して画素集合  $G_1$  とし、画素集合  $G_1$  のうち、所定の飽和レベルを上回る輝度の画素、および所定のノイズレベルを下回る輝度の画素を除外して画素集合  $G_2$  とする。さらに、輝度対検出部81は、画素集合  $G_2$  の輝度のヒストグラムを生成して、最も頻度が高い輝度を注目輝度  $M$  に設定する。

【0097】このようにして設定された注目輝度・最適注目輝度対 (M, Mm) は、マッピング関数生成部82に供給されて、上述した一連の処理と同様に処理される。

【0098】以上のように、最適露出情報を設定する第2の動作例によれば、ユーザが最適な輝度で表示してほしい被写体の範囲を指示するという直感的な操作によって、所望の狭ダイナミックレンジ画像を作成することが可能となる。

【0099】次に、撮像装置1から画像処理装置2に対して、カラーの広ダイナミックレンジ画像信号（3原色信号  $R$ 、 $G$ 、 $B$ ）が供給される場合に対応する画像処理部11の構成例（以下、画像処理部11の第2の構成例と記述する）および動作について、図26を参照して説明する。画像処理部11の第2の構成例においては、カラー画像の色バランスが損なわれないように階調変換が行われる。

【0100】図26は、画像処理部11の第2の構成例を示している。輝度信号生成部121は、次式（17）を用いて、入力される広ダイナミックレンジ画像の各画素の3原色信号  $R$ 、 $G$ 、 $B$  を用いて輝度  $Y$  を生成し、輝度対検出部122、色補正関数生成部123、マッピング部124、マッピング関数生成部125、マッピング部126、および、べき乗演算部127に出力する。

$$\dots (17)$$

$Y$ 、および、上述した画像処理部11の第1または第2の動作例によって取得した最適露出情報に基づき、注目輝度・最適注目輝度対 (M, Mm) を検出して色補正関数生成部123およびマッピング関数生成部82に出力する。

【0103】色補正関数生成部123は、輝度信号生成部121からの広ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度 $Y$ 、および、輝度対検出部81からの注目輝度・最適注目輝度対 $(M, Mm)$ に基づき、輝度 $Y$ に対応する色補正量 $\gamma$ を示す色補正関数 $f_C(Y)$ を生成し、マッピング部124に出力する。

【0104】色補正関数生成部123が色補正関数 $f_C(Y)$ を生成する処理について、より詳細に説明する。当該色補正関数生成処理は、図16乃至図22を参照して上述したマッピング関数生成部82のマッピング関数生成処理とほぼ同様であり、図22を用いて説明したステップS50（図16）における処理だけが若干異なる。

$$f_C(Y) = \alpha L$$

【0107】ステップS91、S93の処理を経て、最小輝度 $L$ 以上であって $CL$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS94において、次

$$f_C(Y) = \alpha L$$

【0108】ステップS91、S93、S95の処理を経て、 $CL$ 以上であって $CH$ よりも小さい領域に分類された場合、処理はステップS96に進む。

【0109】ステップS96において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きいかが判定される。 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きいと判定された場合、処理はステッ

$$f_C(Y) = (1-t)\alpha L + t\alpha H$$

【0111】ステップS96において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも大きくないと判定された場合、処理はステップS99に進む。ステップS99において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さいかが判定される。 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さいと判定された場合、処理はステップS100に進む。ステップS100において、媒介変数 $t$ が式(13)によって定義される。

【0112】ステップS99において、 $CL - 2M + CH$ が0よりも小さくない、すなわち、 $CL - 2M + CH$

$$f_C(Y) = \alpha H$$

【0114】ステップS91、S93、S95、S102の処理を経て、最大輝度 $H$ 以上である領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS104において、

$$f_C(Y) = \alpha H$$

【0115】以上説明したような色補正関数生成部123の処理によって、色補正関数 $f_C(Y)$ が生成される。

【0116】マッピング部124は、輝度信号生成部121からの各画素の輝度 $Y$ を、色補正関数 $f_C(Y)$ に適用して色補正量 $\gamma$ を演算し、べき乗演算部127、128R、128G、128Bに出力する。

【0117】マッピング関数生成部125は、上述したマッピング関数生成部82と同様に、広ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度 $Y$ および注目輝度・最適注目輝度対 $(M, Mm)$ に基づき、マッピング関数 $f(Y)$ を生成してマッピング部126に出力する。マッピング部

る。よって、当該色補正関数生成処理のうち、マッピング関数生成処理のうちのステップS50における処理に相当する処理についてのみ、図27を参照して説明する。

【0105】色補正関数生成部123は、ステップS91、S93、S95、S102における大小比較判定により、色補正関数 $f_C(Y)$ の変数である入力輝度 $Y$ を5つの領域のうちのいずれかに分類する。

【0106】ステップS91の処理を経て、最小輝度 $L$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS92において、次式(17)に示すように色補正関数 $f_C(Y)$ が定義される。

$$Y < L \quad \dots (17)$$

式(18)に示すように、色補正関数 $f_C(Y)$ が定義される。

$$L \leq Y < L \quad \dots (18)$$

プS97に進む。ステップS97において、媒介変数 $t$ が式(11)によって定義される。

【0110】ステップS98において、入力輝度 $Y$ に対し、次式(19)に示すように、色補正関数 $f_C(Y)$ が定義される。

$$CL \leq Y < CH \quad \dots (19)$$

$= 0$ であると判定された場合、処理はステップS101に進む。ステップS101において、媒介変数 $t$ が式(14)によって定義される。

【0113】ステップS91、S93、S95、S102の処理を経て、 $CH$ 以上であって最大輝度 $H$ よりも小さい領域に分類された入力輝度 $Y$ に対しては、ステップS103において、次式(20)に示すように、色補正関数 $f_C(Y)$ が定義される。

$$CH \leq Y < H \quad \dots (20)$$

次式(21)に示すように、色補正関数 $f_C(Y)$ が定義される。

$$H < Y \quad \dots (21)$$

126は、広ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度 $Y$ を、マッピング関数生成部125からのマッピング関数 $f(Y)$ に適用して狭ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度 $Ym$ を生成し、スケーリング部129R、129G、129Bに出力する。

【0118】べき乗演算部127は、広ダイナミックレンジ画像の各画素の輝度 $Y$ を $\gamma$ 乗して、得られた補正輝度 $Y\gamma$ をスケーリング部129R、129G、129Bに出力する。べき乗演算部128Rは、広ダイナミックレンジ画像の各画素の赤色信号 $R$ を $\gamma$ 乗して、得られた補正赤色信号 $R\gamma$ をスケーリング部129Rに出力する。べき乗演算部128Gは、広ダイナミックレンジ画

像の各画素の緑色信号Gを $\gamma$ 乗して、得られた補正緑色信号 $G\gamma$ をスケーリング部129Gに出力する。べき乗演算部128Bは、広ダイナミックレンジ画像の各画素の青色信号Bを $\gamma$ 乗して、得られた補正青色信号 $B\gamma$ をスケーリング部129Bに出力する。

$$Rm = R\gamma \cdot Ym / Y\gamma$$

$$Gm = G\gamma \cdot Ym / Y\gamma$$

$$Bm = B\gamma \cdot Ym / Y\gamma$$

$$\dots (22)$$

$$\dots (23)$$

$$\dots (24)$$

【0120】以上説明したように、画像処理部11の第2の構成例よれば、入力された広ダイナミックレンジ画像の3原色信号R、G、Bに対し、ダイナミックレンジを圧縮する度合いに応じて自然な色バランスとなるように補正を施すので、広ダイナミックレンジのカラー画像を、色バランスが不自然ではない狭ダイナミックレンジのカラー画像に変換することが可能となる。

【0121】次に、図28は、本発明を適用したデジタルカメラの構成例を示している。このデジタルカメラ140は、言わば、図1に示した画像処理システムを1つの筐体に納めたものであり、被写体を広ダイナミックレンジ画像信号として撮像し、適宜、狭ダイナミックレンジ画像信号に変換して内蔵するメモリ148に記録する。

【0122】デジタルカメラ140は、被写体の光画像を集光するレンズ141、光画像の光量を調整する絞り142、集光された光画像を光電変換して広ダイナミックレンジの電気信号に変換するCCDイメージセンサ143、CCDイメージセンサ143からの電気信号をサンプリングすることによってノイズを低減させるCDS(Corelated Double Sampling)144、および、アナログの電気信号をデジタル化するA/Dコンバータ145、デジタル化された電気信号を画像信号に変換したり、ダイナミックレンジを圧縮したりする画像信号処理用プロセッサと画像用RAMよりなるDSP(Digital Signal Processor)146から構成される。

【0123】また、デジタルカメラ140は、DSP146が処理した画像信号を圧縮符号化してメモリ148に記録し、また、読み出して伸張し、DSP146に供給するCODEC(Compression/Decompression)147、DSP146が処理した画像信号をアナログ化するD/Aコンバータ149、アナログ化された画像信号を後段の表示部151に適合する形式のビデオ信号にエンコードするビデオエンコーダ150、および、ビデオ信号に対応する画像を表示することによりファインダとして機能するLCD(Liquid Crystal Display)等よりなる表示部151から構成される。

【0124】さらに、デジタルカメラ140は、ドライブ153を制御して、磁気ディスク154、光ディスク155、光磁気ディスク156、または半導体メモリ157に記憶されている制御用プログラムを読み出して、読み出した制御用プログラム、操作部158から入

【0119】スケーリング部129R乃至129Bは、それぞれ、次式(22)乃至(24)を用い、狭ダイナミックレンジ画像の各画素の赤色信号 $Rm$ 、緑色信号 $Gm$ 、または青色信号 $Bm$ を演算する。

力されるユーザからのコマンド等に基づいて、デジタルカメラ140の全体を制御するCPUなどよりなる制御部152、ユーザがシャッタタイミングやその他のコマンドを入力する操作部158、および、CCDイメージセンサ143乃至DSP146の動作タイミングを制御するタイミングジェネレータ159から構成される。

【0125】デジタルカメラ140においては、DSP146が、上述した画像処理システムの画像処理部11に相当し、広ダイナミックレンジ画像信号を狭ダイナミックレンジ画像信号に変換する処理を実行する。

【0126】なお、デジタルカメラ140を構成する操作部158および表示部151は、図1の画像処理システムの画像処理装置2(パーソナルコンピュータ等よりなる)を構成する操作入力部12および表示部13に比較して、小型のものが用いられるので、より簡単にユーザが各種の操作入力を実行できるようにする必要がある。

【0127】そこで、デジタルカメラ140では、全体的な処理の順序を、図7のフローチャートにより説明した図1の画像処理システムの処理の順序とは異なり、広ダイナミックレンジ画像信号を取得する前に、最適露出情報を設定するようになされている。

【0128】デジタルカメラ140の第1の動作例について、図29のフローチャートを参照して説明する。ステップS111において、撮像する画像の構図がユーザによって選択される。選択された画像の構図(後述するガイド172に相当する)が最適露出情報として設定される。

【0129】当該最適露出情報を設定する処理について、図30乃至図32を参照して説明する。図30は、ファインダとして機能する表示部151の画像表示エリア171の表示例を示している。同図に示すように、画像表示エリア171には、被写体の画像に重畳して太線等によって示されるガイド172や破線によって示される補助線が重畳して表示される。なお、ガイド172の形状としては、複数のパターンが用意されており、操作部158に設けられたガイド選択パネル181(図32)がユーザによって操作される毎、その形状が切り替わるようになされている。

【0130】図31(A)乃至(Q)は、予め用意されているガイド172の形状の例を示している。ガイド172の各形状には、所定のインデックスが付与されてい

る。なお、ガイド172の形状は、同図に示すような矩形の他、例えば、円形や多角形であってもよい。

【0131】図32は、操作部158に設けられたガイド選択パネル181を示している。ガイド切替ボタン182は、ガイド172の形状を1つ前のインデックスに対応するものに切り替えるとき押下される。切替ボタン183は、ガイド172の形状を1つ先のインデックスに対応するものに切り替えるとき押下される。選択ボタン184は、表示されているガイド172の形状を確定させるとき押下される。

【0132】例えば、図30は、ガイド172の形状として図31(J)の例に切り替えられている状態を示しているが、この状態において、切替ボタン182が押下された場合には、ガイド172の形状が同図(I)の例に切り替えられ、切替ボタン183が押下された場合には、ガイド172の形状が同図(K)の例に切り替えられる。

【0133】ユーザは、ファインダとして機能する表示部151を見ながら被写体(例えば、人物)がガイド172の中に収まるように、ガイド選択パネル181の切替ボタン182、183を操作してガイド172の切り替えた後、選択ボタン184を押下してガイド172の形状を確定させる。選択ボタン184の押下に対応して、現在表示されているガイド172の形状に対応するインデックスが最適露出情報として設定される。

【0134】図29に戻る。ステップS112において、ユーザが操作部158に設けられたシャッタを操作した場合、それに対応して、広ダイナミックレンジ画像信号が取得され、DSP146が内蔵する画像用RAMに格納される。

【0135】ステップS113において、ステップS111で設定された最適露出情報(ガイド172の形状を示すインデックス)に基づき、広ダイナミックレンジ画像信号が狭ダイナミックレンジ画像信号に変換される。

【0136】具体的には、注目輝度・最適注目輝度対については、最適露出情報(ガイド172の形状を示すインデックス)に基づいてガイド172の内部領域の画像信号が取得され、その輝度のヒストグラムが生成されて、最も高い頻度を示す輝度が注目輝度Mに設定される。最適注目輝度Mmには、予め設定された狭ダイナミックレンジの中間輝度が設定される。それ以降の処理は、図24および図25を用いて上述した、画像処理システムの画像処理部11が最適露出情報を設定する際の第2の動作例と同様である。

【0137】変換された狭ダイナミックレンジ画像信号は、メモリ148に格納される。

【0138】なお、デジタルカメラ140のDSP146においても、図26に示した画像処理システムの画像処理部11の第2の構成例と同様に、カラーの広ダイナミックレンジ画像を、色バランスを損なうことなく、カ

ラーの狭ダイナミックレンジ画像に変換する処理を実行するようにしてもよい。

【0139】次に、デジタルカメラ140の第2の動作例について、図33のフローチャートを参照して説明する。ステップS121において、撮像する画像の構図がユーザによって選択される。選択された画像の構図(ガイド172に相当する)が第1の最適露出情報として設定される。

【0140】当該第1の最適露出情報を設定する処理については、図30乃至図32を参照して上述した第1の動作例の最適露出情報を設定する処理と同様である。

【0141】ステップS122において、ユーザが操作部158に設けられたシャッタを操作した場合、それに対応して、広ダイナミックレンジ画像信号が取得され、DSP146が内蔵する画像用RAMに格納される。

【0142】ステップS123において、ユーザの操作に対応し、第2の最適露出情報として露出比率 $r$ が設定される。第2の最適露出情報として露出比率 $r$ を設定する処理について、図34および図35を参照して説明する。

【0143】図34は、ステップS123における表示部151の画像表示エリア171の表示例を示している。いまの場合、画像表示エリア171には、ステップS122で取得された広ダイナミックレンジ画像が表示され、それに重畳してステップS121で設定されたガイド172や補助線(破線)が表示される。ただし、画像表示エリア171のガイド172の内部領域には、操作部158に設けられた輝度補正パネル191(図35)に対するユーザの操作に対応して変更される露出比率 $r$ を用いて簡易生成された狭ダイナミックレンジ画像が表示される。

【0144】図35は、操作部158に設けられた輝度補正パネル191を示している。明補正(BRIGHTER)ボタン192は、ガイド172の内部領域に表示される狭ダイナミックレンジ画像の輝度を、現状よりも1段階だけ明るくする(輝度を上げる)とき押下される。暗補正(DARKER)ボタン193は、ガイド172の内部領域に表示される狭ダイナミックレンジ画像の輝度を、現状よりも1段階だけ暗くする(輝度を下げる)とき押下される。OKボタン194は、現状の輝度を確定するとき押下される。

【0145】例えば、明補正ボタン192が押下された場合、狭ダイナミックレンジ画像の簡易生成に用いられる露出比率 $r$ が所定の値だけ増加される。よって、ガイド172の内部領域の狭ダイナミックレンジ画像の輝度が増して表示される。反対に、暗補正ボタン193が押下された場合、狭ダイナミックレンジ画像の簡易生成に用いられる露出比率 $r$ が所定の値だけ減少される。よって、ガイド172の内部領域の狭ダイナミックレンジ画像の輝度が減じて表示される。OKボタン194が押下

された場合、現状の露出比率  $r$  が第 2 の最適露出情報として設定される。

【0146】図 33 に戻る。ステップ S124 において、ステップ S121 で設定された第 1 の最適露出情報（ガイド 172 の形状を示すインデックス）、およびステップ S123 で設定された第 2 の最適露出情報に基づき、広ダイナミックレンジ画像信号が狭ダイナミックレンジ画像信号に変換される。

【0147】具体的には、注目輝度・最適注目輝度対については、第 1 の最適露出情報（ガイド 172 の形状を示すインデックス）に基づいてガイド 172 の内部領域の広ダイナミックレンジ画像の輝度が取得され、その輝度のヒストグラムが生成されて、最も高い頻度を示す輝度が注目輝度  $M$  に設定される。

【0148】最適注目輝度  $M_m$  としては、広ダイナミックレンジ画像の輝度に第 2 の最適露出情報としての露出比率  $r$  が乗算されて狭ダイナミックレンジ画像が簡易生成され、そのうちのガイド 172 の内部領域の輝度が抽出されて、ヒストグラムが生成され、最も高い頻度を示す輝度が最適注目輝度  $M_m$  に設定される。それ以降の処理は、図 24 および図 25 を用いて上述した、画像処理システムの画像処理部 11 が最適露出情報を設定する際の第 2 の動作例と同様である。

【0149】変換された狭ダイナミックレンジ画像信号は、メモリ 148 に格納される。

【0150】以上説明したように、デジタルカメラ 140 の第 2 の動作例によれば、操作部 158 に対する簡易な操作により、ユーザが注目したい領域をガイド 172 で指定することができ、さらに、ガイド 172 の内部領域に対して所望する輝度を指定することができるので、得られる狭ダイナミックレンジ画像の階調がユーザが所望する結果により近いものとなる。

【0151】なお、デジタルカメラ 140 の DSP 146 に、上述した画像処理システムの画像処理部 11 と同様の処理を実行させるようにしてもよい。反対に、画像処理システムの画像処理部 11 に、デジタルカメラ 140 の DSP 146 と同様の処理を実行させるようにしてもよい。

【0152】ところで、本発明は、画像のダイナミックレンジを変更せずに輝度を変更させる場合に適用することも可能である。

【0153】また、本発明は、本実施の形態のような画像変換システムやデジタルカメラのみならず、例えば、スキャナ、ファクシミリ、コピー機など、画像信号を処理する電子機器に適用することが可能である。

【0154】なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に従って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【0155】また、本明細書において、システムとは、複数の装置により構成される装置全体を表すものである。

【0156】

【発明の効果】以上のように、本発明の画像処理装置および方法、並びに記録媒体のプログラムによれば、ユーザの操作に基づき、第 1 のダイナミックレンジにおける第 1 の輝度値と、それに対応する第 2 のダイナミックレンジにおける第 2 の輝度値からなる輝度対を設定し、その輝度対に基づいて、マッピング関数を生成し、生成したマッピング関数を用いて第 1 の画像信号を第 2 の画像信号に変換するようにしたので、広ダイナミックレンジ画像を狭ダイナミックレンジ画像に変換する際、画像中の任意の位置の輝度を最適化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施の形態である画像処理システムの構成例を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の撮像装置 1 の構成例を示すブロック図である。

【図 3】図 2 の CCD イメージセンサ 23 の構成例を示すブロック図である。

【図 4】CCD イメージセンサ 23 の感度特性を説明するための図である。

【図 5】前置増幅器 24 の処理を説明するための図である。

【図 6】図 1 の画像処理装置 2 を実現するパーソナルコンピュータの構成例を示すブロック図である。

【図 7】画像処理システムの動作を説明するフローチャートである。

【図 8】画像処理装置 2 の最適露出情報設定処理を説明するフローチャートである。

【図 9】画像処理装置 2 が狭ダイナミックレンジ画像を簡易生成する処理を説明するフローチャートである。

【図 10】最適露出情報を設定する第 1 の動作例を説明するための表示部 13 の表示例を示す図である。

【図 11】最適露出情報を設定する第 1 の動作例における GUI の表示例を示す図である。

【図 12】画像処理部 11 の第 1 の構成例を示すブロック図である。

【図 13】図 12 の輝度対検出部 81 の処理を説明するフローチャートである。

【図 14】輝度対検出部 81 の処理を説明するための図である。

【図 15】図 12 のマッピング関数生成部 82 の構成例を示すブロック図である。

【図 16】マッピング関数生成部 82 の処理を説明するフローチャートである。

【図 17】図 15 の最大・最小輝度取得部 91 の処理を説明するための図である。

【図 18】マッピング関数生成部 82 の処理を説明する

ための図である。

【図19】マッピング関数生成部82の処理を説明するための図である。

【図20】マッピング関数生成部82の処理を説明するための図である。

【図21】マッピング関数生成部82の処理を説明するための図である。

【図22】図16のステップS50の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図23】図12のマッピング部83の処理を説明するフローチャートである。

【図24】最適露出情報を設定する第2の動作例を説明するための表示部13の表示例を示す図である。

【図25】最適露出情報を設定する第2の動作例におけるGUIの表示例を示す図である。

【図26】画像処理部11の第2の構成例を示すブロック図である。

【図27】画像処理部11の第2の構成例の処理を説明するフローチャートである。

【図28】本発明の一実施の形態であるデジタルカメラ140の構成例を示すブロック図である。

【図29】デジタルカメラ140の第1の動作例を説明するフローチャートである。

【図30】デジタルカメラ140の第1の動作例において最適露出情報を設定する処理を説明するための表示部151の表示例を示す図である。

【図31】表示部151に表示されるガイド172の形状の種類を示す図である。

【図32】デジタルカメラ140の操作部158に設けられるガイド選択パネル181を示す図である。

【図33】デジタルカメラ140の第2の動作例を説明するフローチャートである。

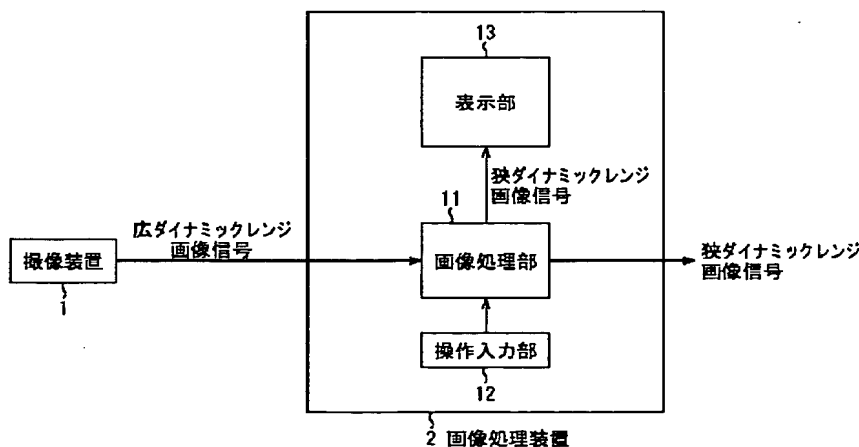
【図34】デジタルカメラ140の第1の動作例において最適露出情報を設定する処理を説明するための表示部151の表示例を示す図である。

【図35】デジタルカメラ140の操作部158に設けられる輝度補正パネル191を示す図である。

【符号の説明】

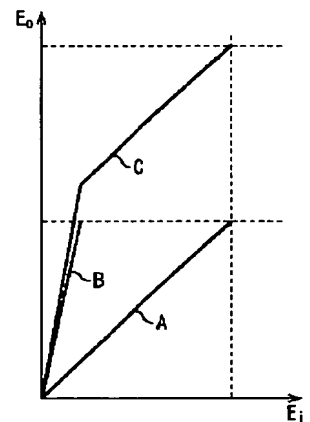
1 撮像装置, 2 画像処理装置, 11 画像処理部, 12 操作入力部, 13 表示部, 41 CPU, 52 磁気ディスク, 53 光ディスク, 54 光磁気ディスク, 55 半導体メモリ, 71 画像選択ボタンパネル, 81 輝度対検出部, 82 マッピング関数生成部, 83 マッピング部, 91 最大・最小輝度取得部, 92 高域関数決定部, 93 低域関数決定部, 94 関数合成部, 111 範囲指定パネル, 121 輝度信号生成部, 122 輝度対検出部, 123 色補正関数生成部, 124 マッピング部, 125 マッピング関数生成部, 126 マッピング部, 127, 128 べき乗演算部, 129 スケーリング部, 140 デジタルカメラ, 146 DSP, 152 制御部, 154 磁気ディスク, 155 光ディスク, 156 光磁気ディスク, 157 半導体メモリ, 158 操作部, 172 ガイド, 181 ガイド選択パネル, 191 輝度補正パネル

【図1】



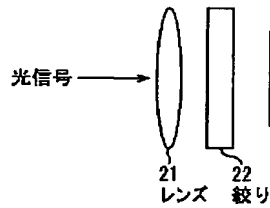
画像処理システム

【図4】



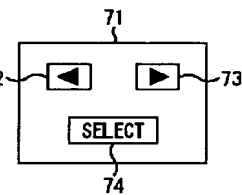


【図 2】

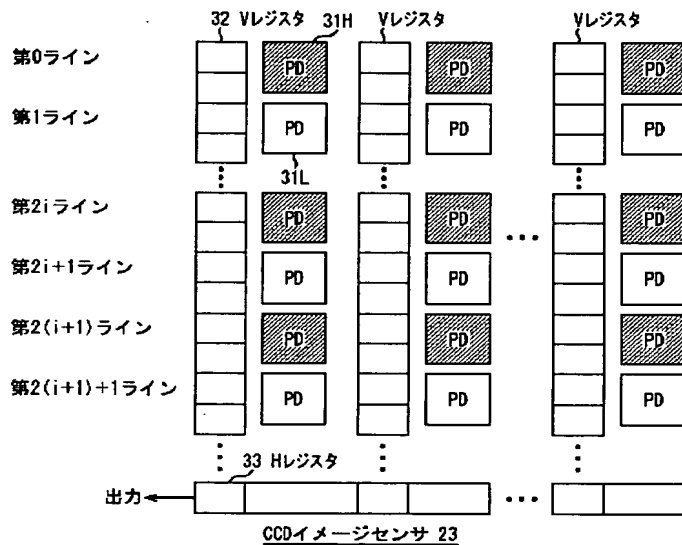


撮像装置 1

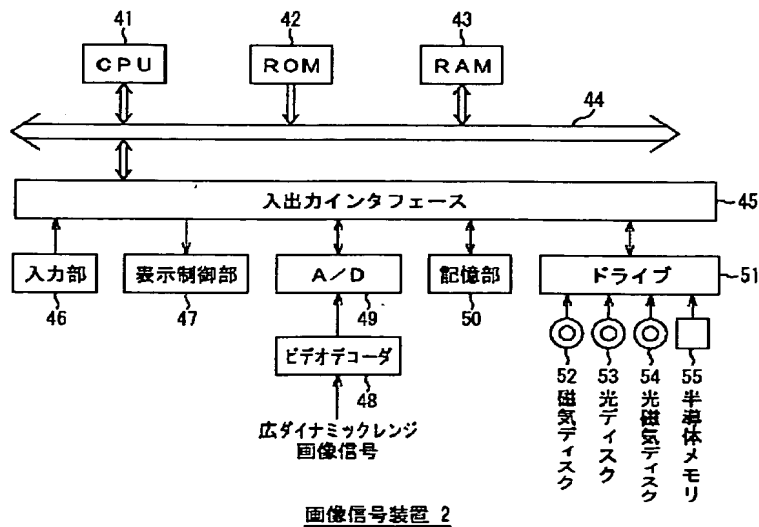
【図 11】



【図 3】

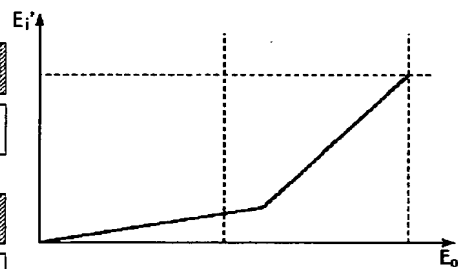


【図 6】

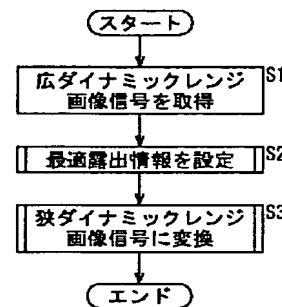


画像信号装置 2

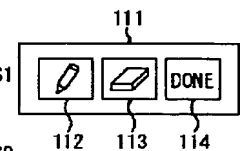
【図 5】



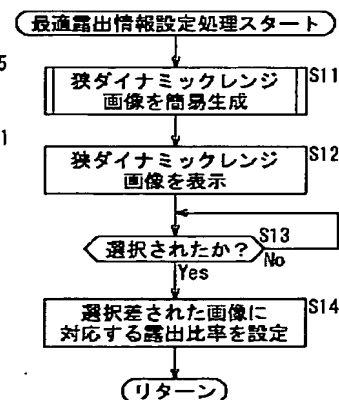
【図 7】



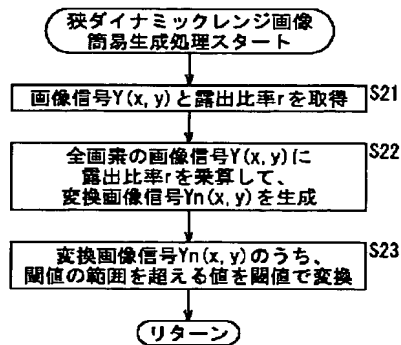
【図 25】



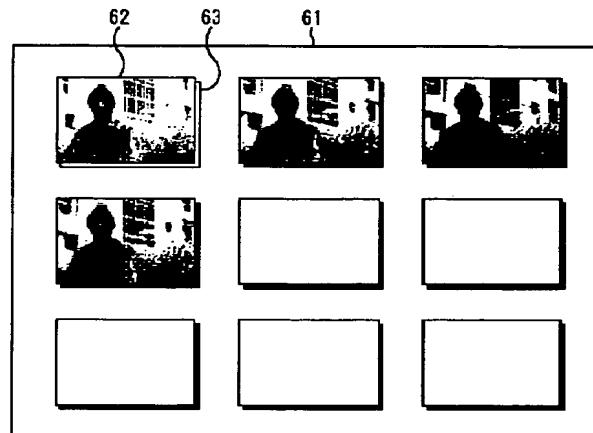
【図 8】



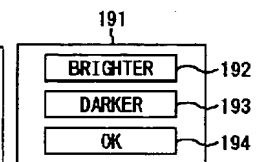
【図 9】



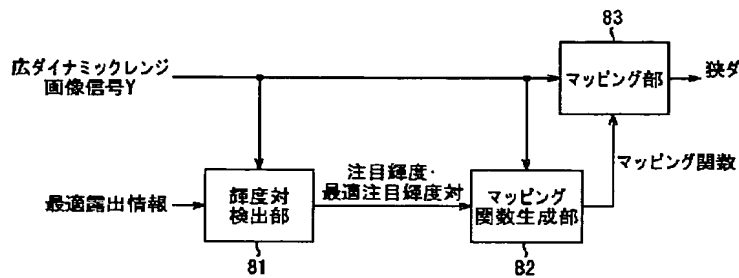
【図 10】



【図 35】

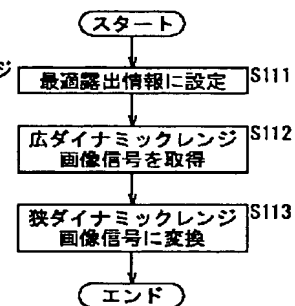


【図 12】

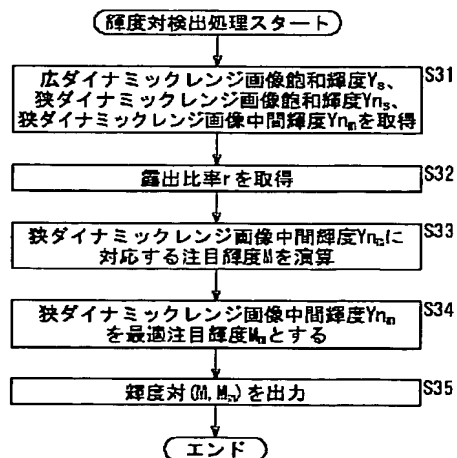


画像処理部 11

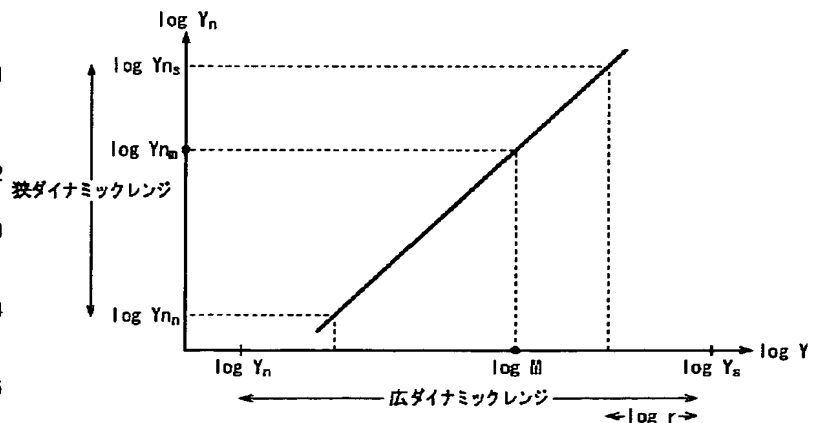
【図 29】



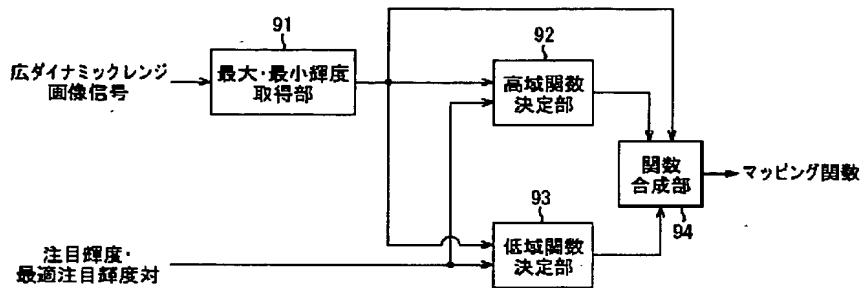
【図 13】



【図 14】

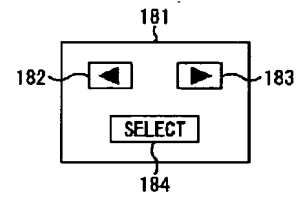


【図15】

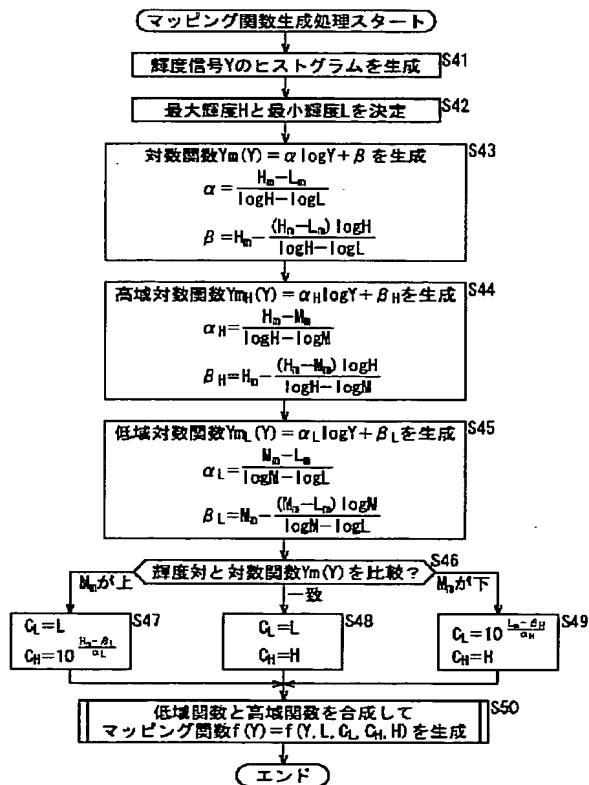


マッピング関数生成部 82

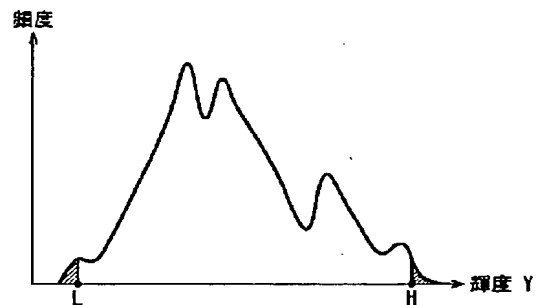
【図32】



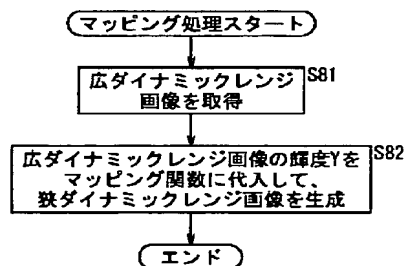
【図16】



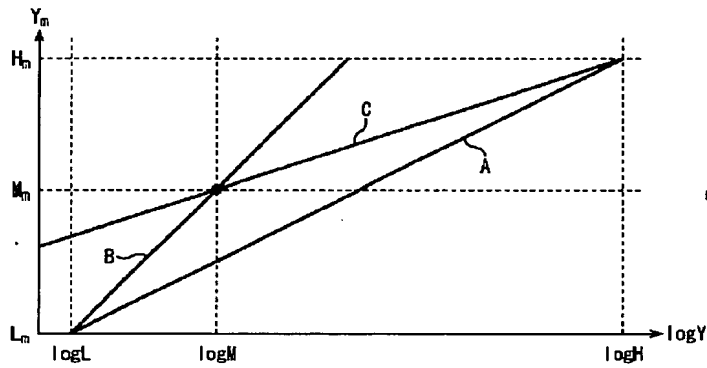
【図17】



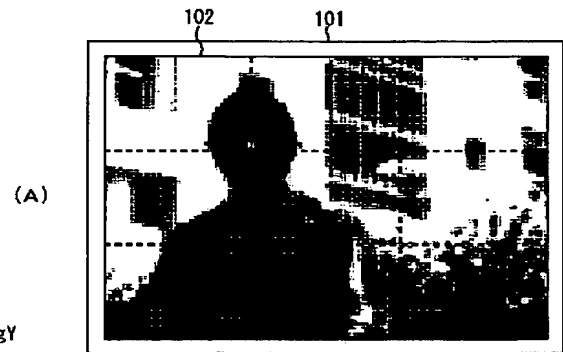
【図23】



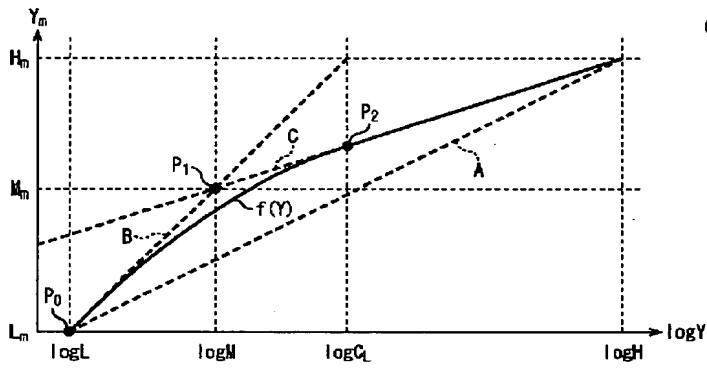
【図18】



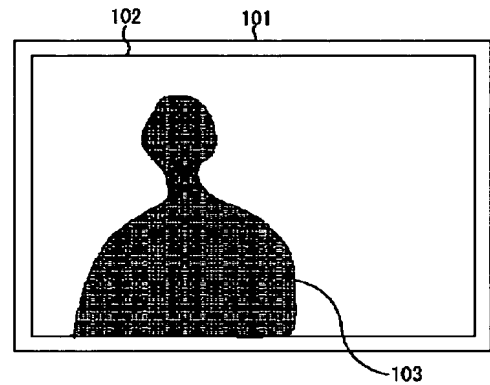
【図24】



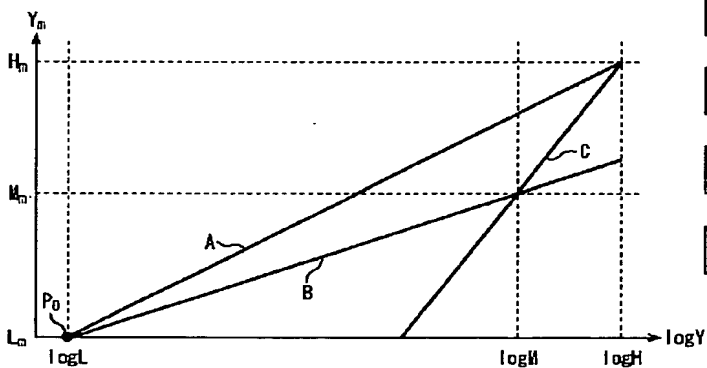
【図19】



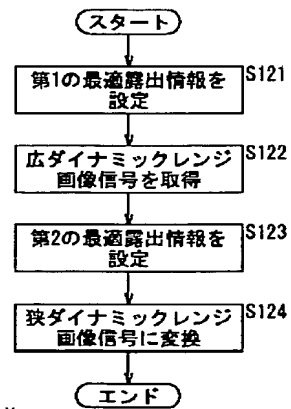
(B)



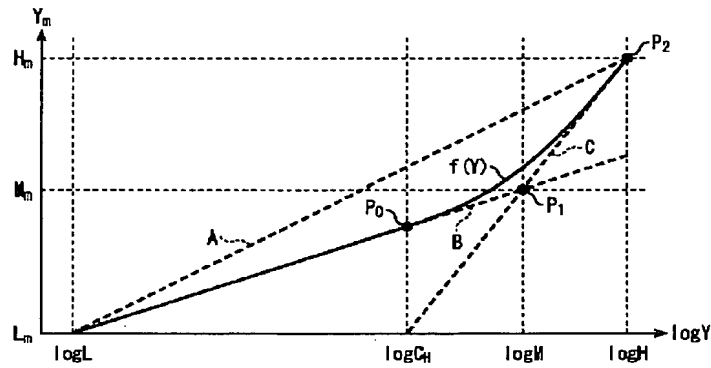
【図20】



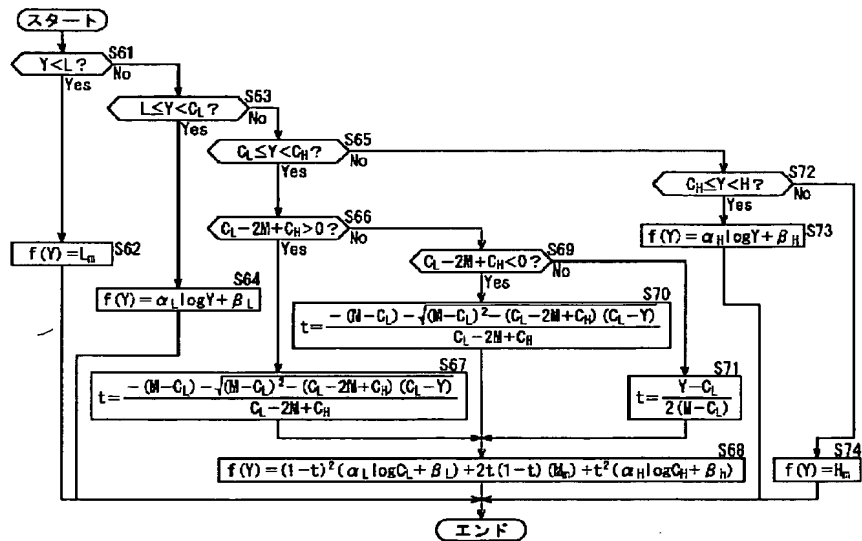
【図33】



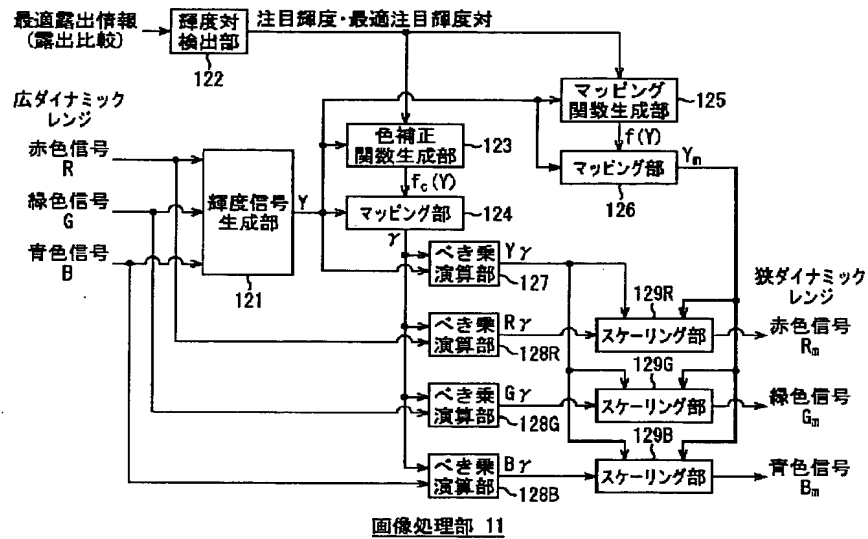
【図 2 1】



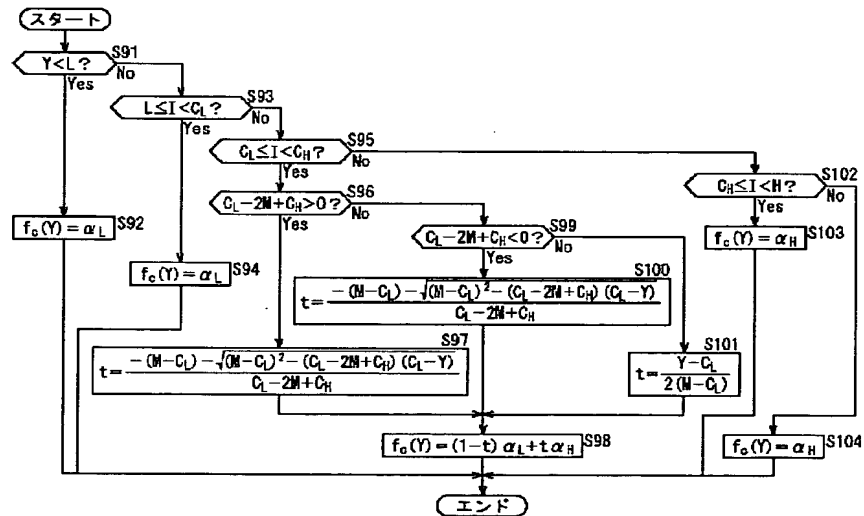
【図 2 2】



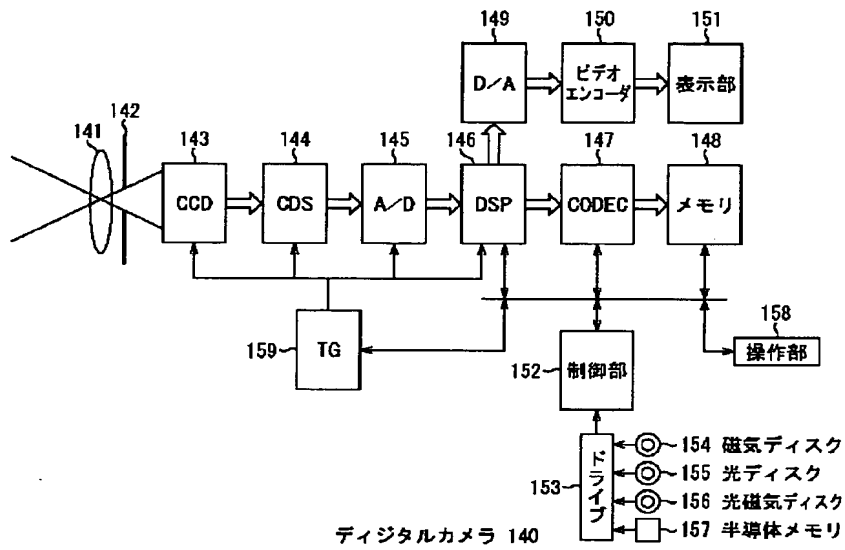
【図 26】



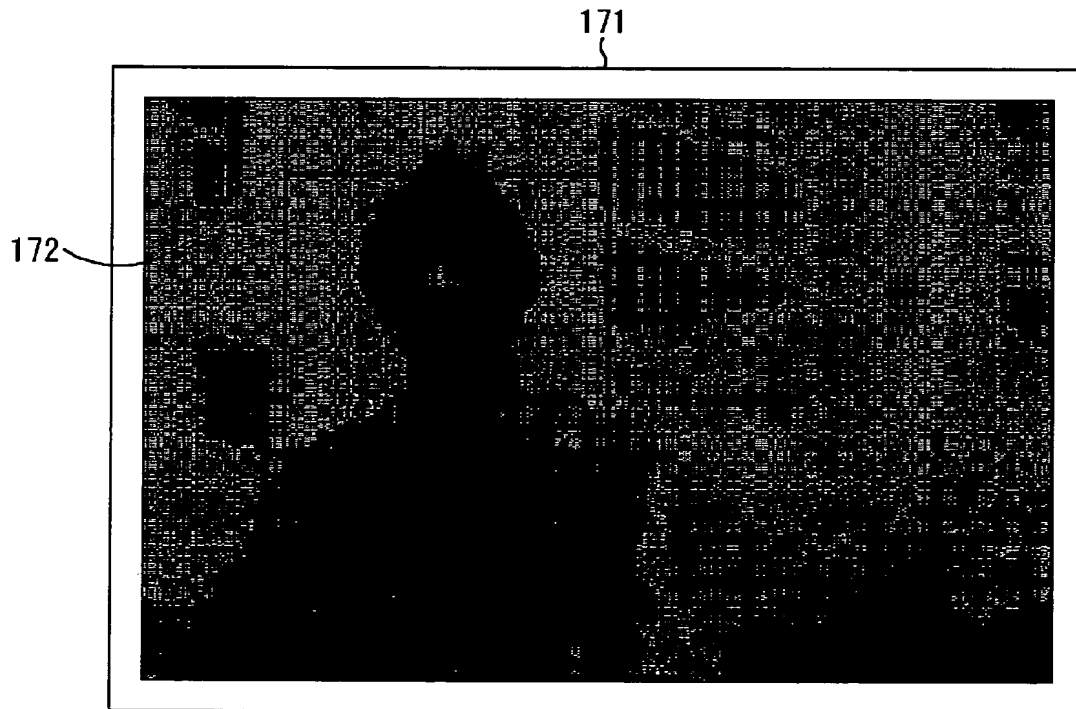
【図 27】



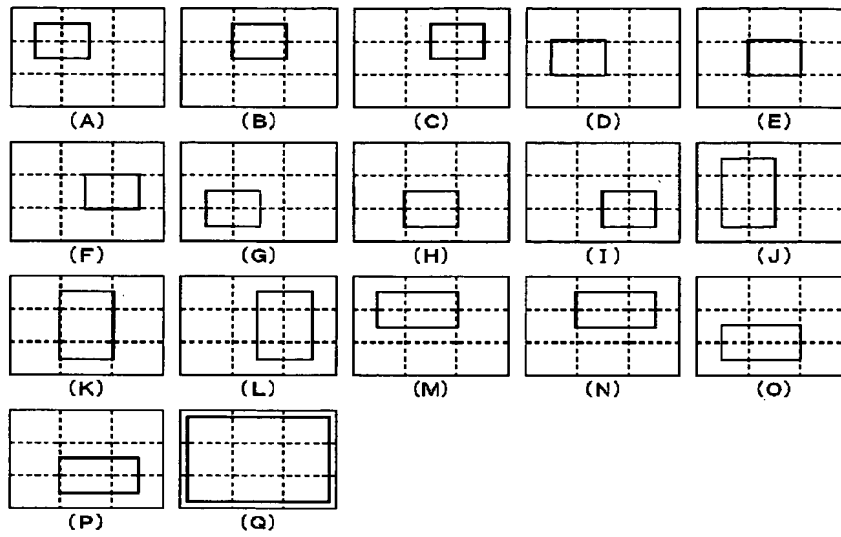
【図28】



【図30】



【図 3 1】



【図 3 4】

171  
}

172





## フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16  
CB01 CB08 CB12 CB16 CE11  
CE16 CH18 DC23  
5C021 PA80 PA92 XA34 XA35 YC03  
5C022 AB19 AC42 AC69  
5C077 LL19 MM03 MP08 NN02 NN03  
RR11 TT02 TT06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**